

AperTO - Archivio Istituzionale Open Access dell'Università di Torino

Evoluzione delle tecniche e degli indirizzi colturali ed effetti sulle malerbe

This is the author's manuscript

Original Citation:

Availability:

This version is available <http://hdl.handle.net/2318/152757> since

Publisher:

SIRFI

Terms of use:

Open Access

Anyone can freely access the full text of works made available as "Open Access". Works made available under a Creative Commons license can be used according to the terms and conditions of said license. Use of all other works requires consent of the right holder (author or publisher) if not exempted from copyright protection by the applicable law.

(Article begins on next page)

EVOLUZIONE DELLE TECNICHE E DEGLI INDIRIZZI COLTURALI ED EFFETTI SULLE MALERBE

FERRERO A.¹, MAGGIORE T.², MILAN M.¹, ZANIN G.³

¹ Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari - Università di Torino

² Agronomo, già Professore dell'Università di Milano

³ Dipartimento di Agronomia, Animali, Alimenti, Risorse Naturali e Ambiente – Università di Padova

E-mail: aldo.ferrero@unito.it

Riassunto

Nel secondo dopoguerra l'agricoltura italiana ha conosciuto un'importante evoluzione nella gestione agronomica e negli indirizzi colturali, legata allo sviluppo tecnologico e ai numerosi provvedimenti normativi finalizzati alla protezione della salute dell'uomo e alla tutela dell'ambiente. In questi ultimi anni, in particolare, i sistemi colturali sono apparsi sempre più specializzati, allo scopo di migliorare l'efficienza della produzione agricola e ridurre i costi gestionali. Questi obiettivi hanno riguardato tutte le varie fasi del processo produttivo, dalla scelta colturale, alla gestione del suolo e alla difesa fitosanitaria, tenuto anche conto delle possibili destinazioni delle produzioni agrarie agli usi non alimentari. Particolarmente significativi sono stati gli effetti diretti ed indiretti di questi nuovi indirizzi sulle caratteristiche degli inerbimenti nelle colture agrarie. La comparsa di nuove emergenze fitosanitarie, il divieto d'impiego di molecole erbicide a seguito dell'introduzione di nuove normative europee sugli agrofarmaci, la crescente diffusione di fenomeni di resistenza ai diserbanti e l'adozione di una politica agricola sempre più attenta alla problematiche ambientali sono solo alcuni esempi di come l'evoluzione degli indirizzi colturali abbia reso sempre più articolata e complessa la gestione della vegetazione infestante.

Parole chiave

Sistemi Colturali; Colture da Energia; Evoluzione Piante Infestanti; Gestione Piante Infestanti; Gestione Resistenza; Fasce Tampone, *Greening*.

Summary

In the period after world war II Italian agriculture had been characterized by an important evolution in agronomic practices and cropping system policies mostly related to the technological development and numerous regulations aimed at human health and environment protection. In the very last years, in particular, cropping systems have become more and more specialized, both to improve efficiency and reduce management costs. All these objectives have been related to main steps of production process, from the crop choice, to the soil management and crop protection, also taking into account the possible destination of the crop productions to no-food uses. Particularly important have been the direct and indirect effects of these new options on the features of weed infestations in cropping systems. The appearance of new pest issues, the ban of several herbicides due to the introduction of new EU pesticide regulations, the spreading of herbicide weed resistance and the adoption of agricultural policies increasingly careful to environment issues are only some examples of how the evolving process of cropping systems have made weed management more and more complex and problematic.

Keywords

Cropping systems, energy crops, weed shift, weed management, resistance management, buffer strips, greening.

- 1 - Introduzione
- 2 - Stato attuale dell'agricoltura in Italia
 - 2.1 Zootecnica
 - 2.2 Cereali
 - 2.3 Colture industriali
 - 2.4 Orticoltura per il mercato fresco
 - 2.5 Orticoltura per l'industria conserviera
 - 2.6 Foraggere
 - 2.7 Vite e fruttiferi
- 3 - Cambiamenti nella tecnica agronomica
 - 3.1 Lavorazioni del terreno
 - 3.2 Gestione della resistenza
 - 3.3 Epoca e densità di semina
 - 3.4 Gestione delle problematiche fitopatologiche
 - 3.5 Scelta varietale
 - 3.6 Avvicendamento colturale
 - 3.7 Colture energetiche
- 4 - Aspetti normativi
 - 4.1 Fasce tampone ed altre aree di protezione
 - 4.2 Greening
 - 4.3 Altri vincoli normativi
- 5- Conclusioni

1 Introduzione

Il convegno della Società Italiana di Agronomia tenutosi nel 2013 ha avuto come titolo “Intensificazione sostenibile della produzione agricola e sicurezza alimentare”, un titolo suggestivo, provocatorio, un vero e proprio ossimoro; è difficile infatti, combinare l'aumento della produzione con la sostenibilità. Eppure è questa la sfida che abbiamo davanti. Si prevede che nel 2050 la popolazione del nostro pianeta raggiungerà 9 miliardi di persone e che soprattutto il maggior consumo di grassi e proteine animali da fasce crescenti della popolazione mondiale metterà sotto stress la capacità produttiva del sistema. La produzione di cereali e raccolti agricoli dovrà aumentare, secondo la FAO, del 70% da oggi al 2050. Per questo scopo serve un aumento annuale costante del 38% della produzione di cereali. Sempre la FAO prevede che il 90% dell'aumento della

produttività proverrà dall'intensificazione dei sistemi produttivi agricoli, più che dalla messa a coltura di nuove terre. Dagli anni '60 ad oggi l'aumento delle rese si è mantenuto pressoché costante, con incrementi produttivi per circa il 30% dovuti al miglioramento genetico. Mantenere il *trend* di crescita lineare non è sufficiente per fronteggiare la sfida alimentare; bisogna attivare processi produttivi altamente efficienti, combinando l'uso intensivo delle risorse con quello intelligente dell'innovazione tecnologica, in modo da trarre il più elevato livello produttivo, ottenere il massimo profitto e salvaguardare l'agroecosistema.

In questi ultimi anni all'intensificazione colturale è, in molti casi, corrisposta anche una importante modifica delle pratiche agronomiche. Nello stesso periodo si è altresì assistito all'adozione di normative, prevalentemente finalizzate alla tutela della salute dell'uomo e alla protezione dell'ambiente, che hanno portato ad una consistente riduzione di molecole erbicide, con una sempre più limitata differenziazione dei meccanismi di azione.

Le variazioni nelle pratiche e negli indirizzi colturali possono avere una importante influenza sulla composizione quali-quantitativa degli inerbimenti delle colture agrarie.

Merita ricordare, a questo riguardo che, nella Pianura Padana, il tasso annuale di trasformazione, rappresentato dalla scomparsa di specie esistenti e dalla introduzione di nuove specie e calcolato con l'indice di Guillermin et al. (1989), ha fatto registrare, nel periodo compreso tra il 1960 e il 1990, valori di circa il 4% (Striscia Fioretti et al., 1998).

2 Stato attuale dell'agricoltura in Italia

Le caratteristiche più significative dell'agricoltura moderna sono principalmente rappresentate dalla elevata specializzazione produttiva e dalla forte integrazione dei mercati, dove si vende tutto il prodotto e si acquistano i mezzi tecnici per la produzione. Questa situazione è legata alle particolarità che hanno caratterizzato in questi ultimi tempi il sistema produttivo agricolo, principalmente rappresentate da una forte dipendenza dal mercato, necessità di adeguare la gestione aziendale alle variabili esigenze del mercato, dalla necessità di una elevata capacità imprenditoriale per ottenere sempre maggiori rese produttive, dalla richiesta di un alto input energetico e dal rischio di impatto sull'ambiente legato all'applicazione di alcune pratiche agricole.

L'agricoltura moderna, inoltre, almeno per le grandi colture cerealicole e proteaginose, ma anche per i prodotti dell'allevamento del bestiame, presentandosi con un numero elevato di imprese si trova in un regime di concorrenza perfetta. In queste condizioni il prezzo del prodotto si determina sempre al punto di incontro delle curve della domanda e dell'offerta, ma non è in grado di influenzare, né di essere influenzato, dal prezzo dei mezzi tecnici, che provengono da fornitori praticamente oligopolisti. Un'altra considerazione da tener presente riguarda la sostanziale rigidità

della domanda dei prodotti agricoli, per cui all'aumentare dell'offerta si ha sempre una diminuzione di prezzo e all'aumento del costo dei mezzi tecnici non corrisponde sempre un aumento del prezzo dei prodotti agricoli.

Per un quadro un po' più dettagliato dello stato dell'agricoltura, di seguito si prendono in considerazione i principali settori del sistema produttivo.

2.1 Zootecnia

La zootecnia si è gradualmente concentrata negli areali più vocati, in particolare in alcune regioni del nord, con l'eccezione dell'allevamento della bufala in Campania e degli ovini in Sardegna. Il 40% del latte vaccino italiano e il 60% dei suini sono prodotti nelle aree di pianura della Lombardia. La produzione avicola è prevalentemente concentrata in Veneto, Lombardia e Emilia. Tutti gli allevamenti avicoli e in parte quelli suinicoli sono condotti più secondo criteri industriali che agricoli. Sono, infatti in generale, organizzati con un'integrazione verticale, dove a monte si trova il mangimista, che è anche il fornitore dei capi da allevare e della consulenza; al centro si pone l'allevatore, proprietario delle strutture per l'allevamento e responsabile della gestione degli effluenti dell'allevamento, mentre a valle è presente una società, in genere di proprietà dello stesso mangimista, che si occupa della commercializzazione della produzione.

Non vi è più un preciso rapporto tra superficie aziendale e peso vivo allevato, questo è il caso degli allevamenti avicoli o suinicoli dove quasi sempre tutto l'alimento proviene dall'esterno dell'azienda, ma anche di quelli bovini, da latte o da carne, nei quali sono di provenienza aziendale solo i foraggi di base, mentre il mangime concentrato e sovente la ridotta quota di fieno impiegata nella razione, sono forniti dall'esterno.

Si può affermare che gran parte della zootecnia attuale è impostata sulla trasformazione del mais (granella e trinciato integrale) e della soia, mentre la quota di foraggio per i ruminanti è sempre più limitata. Il foraggio, dato l'elevato livello produttivo delle vacche (spesso superiore a 10 tonnellate di latte per vacca in 305 giorni di lattazione) deve essere di alta qualità; grande importanza viene attribuita al basso contenuto di NDF, per poter aumentare la velocità di transito ruminale dell'alimento. Il foraggio che presenta queste caratteristiche è soprattutto quello di erba medica, che difficilmente può essere prodotto e ottenuto secondo le tecniche tradizionali. Puntando alla qualità elevata l'erba medica tende a venire considerata sempre più una coltura di tipo "industriale" da destinare alla disidratazione.

La zootecnia da latte e da carne è sempre più legata al sistema colturale da due elementi, la produzione del silomais o del mais da granella ed eventualmente della soia, a seconda dei prezzi della proteaginosa e dalla innovazione applicabile, e la gestione degli effluenti dell'allevamento.

L'allevatore, per entrambi gli elementi, non avrà più interesse ad intervenire direttamente tenendo un parco macchine difficilmente ammortizzabile e che nel breve tempo diventa obsoleto, ma tenderà a rivolgersi ad un contoterzista, "agromeccanico", in grado di gestire il terreno e la coltura (dalla scelta dell'ibrido o della varietà, alla decisione di quando raccogliere e insilare per garantire la qualità desiderata dall'allevatore). In queste condizioni per quanto riguarda gli effluenti si pone l'esigenza di effettuare la distribuzione su superfici di terreno superiori a quelle di proprietà dell'allevatore, al fine di consentire di ampliare l'allevamento, per ragioni di economie di scala, indipendentemente dal rapporto tra numero di capi allevati e superficie aziendale. Questo rapporto andrebbe considerato non più a scala aziendale, bensì a livello comprensoriale.

2.2 Cereali

L'abbandono della zootecnia e la conseguente riduzione delle colture foraggere (prati avvicendati e erbai) ha stimolato la diffusione della omosuccessione di alcune colture cerealicole, in particolare di grano duro nel sud e nel centro Italia e del mais nel nord. Nel sud del paese, inoltre, questa tendenza è stata favorita ulteriormente dalla perdita di interesse economico per la fava, la più diffusa coltura da rinnovo in quegli areali.

Attualmente si comincia ad assistere ad una nuova organizzazione delle filiere con il tentativo di creare partite di grandi dimensioni, con elevato livello sanitario, con uniformi caratteristiche qualitative e "tracciate" per poter soddisfare le esigenze degli acquirenti diretti utilizzatori (mangimifici, mulini, pastifici, malterie, amiderie, industrie dei polimeri).

In diverse regioni italiane la gestione colturale è affidata integralmente ad agromeccanici, ancora poche volte assistiti da idonei consulenti capaci di impostare razionalmente tutte le scelte tecniche, tenendo conto delle esigenze dell'utilizzatore finale e della sostenibilità economica e ambientale.

Si è certi che in futuro, anche se l'azione politica attuale non favorisce l'orientamento sopra delineato, il comparto sarà gestito da Organizzazioni di Produzione (OP) di sempre maggiori dimensioni coinvolgendo anche, ove presenti, gli stocicatori che oggi sono presenti solo nella parte finale della filiera o anche in quella a monte come fornitori di tutti o di alcuni mezzi tecnici.

2.3 Colture industriali

In questi ultimi anni si è assistito ad una importante contrazione delle superfici investite ad alcune colture industriali quali barbabietola da zucchero e tabacco. Colture quali girasole, colza e soia, hanno mantenuto un significativo interesse trovando inserimento, analogamente alla barbabietola, negli avvicendamenti colturali con cereali vernini consentendo in tal modo un miglior controllo delle infestanti.

Il colza e la soia non hanno avuto il successo atteso; per quest'ultima, in particolare non vi è stata l'innovazione necessaria per consentire di competere con paesi in cui i livelli produttivi ed i costi di produzione risultano più favorevoli. Un possibile sviluppo della bietola è legato alla sua utilizzazione a fini energetici (biodigestori), anche se il costo di produzione e le difficoltà nella conservazione sollevano qualche perplessità in merito a questa utilizzazione.

2.4 Orticoltura per il mercato fresco

Fino agli anni '60 del XX secolo la produzione orticola per il mercato fresco era prevalentemente legata agli orti aziendali, familiari o periurbani. Questi ultimi, erano in genere di piccole e medie dimensioni e richiedevano moltissima manodopera. Le aree produttive specializzate erano poco diffuse e tra le più significative figuravano quelle di Asti, Chioggia, Albenga, agro Nocerino Sarnese, agro Siracusano. Oggi gli orti periurbani sono praticamente scomparsi e quelli aziendali si sono fortemente ridotti. Gran parte dell'orticoltura per il mercato fresco (nazionale e straniero) è attualmente di tipo specializzato. Le colture protette, come quelle di pieno campo, per la produzione di primizie o tardizie si sono localizzate nelle aree climaticamente e pedologicamente più idonee. Negli ultimi 10 anni, stimolati anche dalla grande distribuzione organizzata (GDO), lo sviluppo dei prodotti per la IV gamma ha favorito la diffusione di colture specializzate in alcune aree o vicine alle grandi aree di consumo (Bergamo, Brescia) o in quelle ove le produzioni si ottengono con costi più ridotti e tali da compensare i maggiori costi di trasporto (Salerno).

2.5 Orticoltura per l'industria conserviera

Per industria conserviera si intende quella per la produzione di appertizzati, di surgelati, di liofilizzati. Negli anni '60, in Italia, erano presenti molte piccole industrie dislocate in diversi areali e solitamente prossime alle zone di produzione, in gran parte localizzate in Emilia Romagna e in Campania. Ad esempio, nella provincia di Piacenza prima della creazione della De Rica (1996) erano presenti circa 30 piccoli stabilimenti, sparsi in altrettanti paesi della pianura, che lavoravano quasi esclusivamente pomodoro da concentrato.

Attualmente le colture orticole industriali hanno visto aumentare la loro superficie e nelle aree più idonee trovano inserimento negli avvicendamenti colturali insieme ai cereali.

Al modificarsi dell'industria conserviera (sempre di maggiori dimensioni) si è assistito allo sviluppo di imprese agricole molto specializzate, non sempre localizzate in vicinanza dell'industria: ad esempio per la coltivazione del pomodoro (Puglia e Emilia-Romagna), del pisello e fagiolo (Lombardia e Emilia), del carciofo (Puglia e Sardegna), del finocchio (Puglia).

In Puglia, ma anche in Emilia-Romagna si sono sviluppate aziende specializzate, capaci di ottenere, ancor prima di avviare le colture, contratti di fornitura e che gestiscono 300-600 ha di pomodoro, 200-300 ha di peperone, 400-500 ha di carciofo su terreni presi in affitto, applicando tecnologie avanzate (pacciamatura, irrigazione a goccia, fertirrigazione, controllo accurato dei parassiti).

Nella coltivazione del pisello, del fagiolino e del mais dolce il contoterzista ha assunto spesso l'incarico di gestire l'intero ciclo della coltura, occupandosi di tutte le principali pratiche colturali.

2.6 Foraggiere

La SAU interessata dalle colture foraggiere è pari a 6,6 milioni di ha (INEA, 2011) dei quali circa il 70% rappresentato da pascoli e prati permanenti. I medicai sono le colture foraggiere avvicendate più diffuse con una superficie di 750.000 ha, concentrati soprattutto nelle zone della Pianura Padana. Nell'Italia centrale e meridionale risultano maggiormente diffuse altre leguminose quali la sulla e la lupinella. Superfici importanti sono destinate ad erbai (circa 650.000 ha), prati avvicendati polifiti (circa 200.000 ha) o a coltivazioni di mais ceroso e sorgo da erbaio-silo (circa 340.000 ha) (Campagna et al., 2013; INEA, 2011).

Le colture foraggiere necessitano di una gestione colturale finalizzata ad una produzione con caratteristiche qualitative elevate e il più possibile costanti nel tempo. A questo riguardo va tenuto presente che la qualità del foraggio è fortemente influenzata dalle condizioni di sviluppo della coltura e dagli stress competitivi e nutrizionali a cui può andare incontro. In tal senso è fondamentale garantire un adeguato controllo delle avversità biotiche che possono interferire con il raggiungimento degli obiettivi produttivi della coltura. Nel caso della medica la lotta alle piante infestanti è fondamentale per garantire un ottimale sviluppo della coltura nelle prime fasi, quando questa è poco competitiva, e soprattutto per aumentare la longevità dell'impianto nel tempo. La tecnica del diserbo è divenuta essenziale nei nuovi impianti al fine di garantire un buon insediamento della coltura, ma anche in quelli in produzione per evitare uno scadimento qualitativo del foraggio. Queste considerazioni sono particolarmente importanti nel caso di medicai destinati alla disidratazione o per la produzione di seme. Nel caso di avvicendamenti cereale vernino-medica oppure in appezzamenti dedicati alla produzione di seme, dove non è tollerata la presenza di infestanti graminacee, occorre cercare di prevenire e se necessario gestire i problemi di resistenza ad alcuni prodotti (soprattutto inibitori dell'ACC-asi) che possono sorgere. In presenza di popolazioni di *Lolium* spp. resistenti può essere utile eseguire degli sfalci prima della fioritura (Campagna et al., 2013; INEA, 2011).

2.7 Vite e fruttiferi

In molti areali (Puglia, Sicilia e Lazio) la coltivazione della vite per la produzione di uva da tavola è effettuata da aziende molto specializzate, di grandi dimensioni, alcune delle quali anche esportatrici. In queste realtà la gestione è spesso affidata a contoterzisti anche per le operazioni colturali di potatura e per la raccolta.

Anche la viticoltura per la produzione di uva da vino è sempre più specializzata. In molte aree di pregio come ad esempio in Franciacorta (BS) la gestione della coltura è demandata quasi esclusivamente a contoterzisti per effettuare operazioni quali lavorazioni del terreno, concimazione, diserbo, potatura verde e secca, trattamenti antiparassitari e raccolta, e viene frequentemente richiesta la consulenza di agronomi specialisti.

Nel caso delle colture da frutto, in questi anni si è assistito ad una crescente concentrazione dell'offerta (consorzi Melinda, Marlene, Mela Rossa di Cuneo, pere, pesche e nettarine dell'Emilia Romagna solo per indicarne alcuni) e ad una diffusione delle filiere integrate legate alla grande distribuzione organizzata (GDO), con una forte influenza di queste ultime sulle scelte e sulle strategie gestionali.

In altre colture, quali olivo, mandorlo e nocciolo, le operazioni colturali sono sempre più frequentemente gestite da agromeccanici che spesso provvedono ad organizzare le potature, i trattamenti fitosanitari e le operazioni di raccolta quando meccanizzabili.

3 Cambiamenti nella tecnica agronomica

Nell'ultimo secolo l'agricoltura ha conosciuto una radicale trasformazione, frutto dello sviluppo industriale e tecnologico. Tale trasformazione ha permesso di incrementare fortemente la produttività agricola semplificando al contempo la gestione colturale e migliorando le condizioni di lavoro degli operatori agricoli. L'intensificazione agricola ha però evidenziato nel tempo anche alcuni limiti principalmente legati ad una serie di esternalità negative che si sono manifestate con fenomeni di inquinamento dei vari comparti ambientali, di riduzione della biodiversità e di desertificazione. Queste problematiche di natura ambientale sono tuttora ampiamente studiate in ragione soprattutto degli impatti che hanno sulla salute pubblica.

I cambiamenti che nel corso degli ultimi decenni hanno interessato la gestione delle colture hanno tuttavia evidenziato un'influenza importante anche sull'evoluzione della comunità di malerbe e sulle strategie per il loro controllo.

3.1 Lavorazioni del terreno

Le lavorazioni del terreno rappresentano la pratica culturale che più di tutte è in grado di influenzare lo sviluppo delle malerbe, la loro dinamica evolutiva, la loro composizione in termini di rapporti tra i diversi gruppi biologici ed ecofisiologici (*sensu* Montegut) e la persistenza dei propaguli. Arare o non arare il terreno, arare in superficie o in profondità, lavorare il terreno con modalità differenti può creare situazioni ecologiche diverse in grado di influenzare le future infestazioni (Trichard et al., 2013).

La diffusione dell'agricoltura conservativa rappresenta da questo punto di vista un elemento che può portare a significativi cambiamenti a livello malerbologico a causa degli effetti combinati di tutti i vari adattamenti nella gestione culturale legati all'applicazione di questa pratica. Se non si rivolta la fetta, la superficie del terreno resta più o meno ingombra di residui culturali e cambia la distribuzione dei semi lungo il profilo; aumenta altresì la presenza di specie ruderali tipiche del biotopo agricolo portate dagli uccelli frugivori. In queste condizioni il controllo chimico si sposta verso l'uso di erbicidi ad azione fogliare usati sia per pulire il letto di semina in sostituzione della lavorazione, sia come successiva misura di contenimento a coltura emersa e le semine sono mediamente più tardive per la maggior umidità del terreno, che riduce il riscaldamento dello stesso. Tutto questo evidenzia che il controllo delle malerbe nell'agricoltura conservativa è necessariamente molto diverso da quello nell'agricoltura tradizionale basata sull'aratura. La sostituzione del mezzo meccanico con quello chimico determina poi, almeno nei primi anni, un maggiore uso di erbicidi, con possibilità di sviluppo di resistenze.

La lotta alle malerbe va quindi adeguata, in termini di *timing* degli interventi e di scelta delle molecole, con una generale minore flessibilità di intervento.

I vantaggi riscontrati con lavorazioni conservative sono numerosi, ma per ottenere produzioni costantemente elevate con questa tecnica, almeno nel nostro paese, devono ancora essere affinati due segmenti importanti della tecnica culturale, la semina e la gestione delle malerbe. E' possibile ipotizzare che nell'ambito della nuova PAC in via di attuazione, tutte le pratiche volte alla conservazione della fertilità dei suoli verranno ulteriormente incentivate, favorendo semine in assenza di lavorazioni o comunque con lavorazioni molto ridotte.

3.2 Gestione della resistenza

La comparsa di fenomeni di resistenza delle piante infestanti agli erbicidi è iniziata a partire dagli anni '80. I primi casi di resistenza hanno interessato popolazioni di *Solanum nigrum*, *Chenopodium album* e *Amaranthus* spp. nei confronti delle triazine (ISHRW, 2013). La resistenza ha in questi

ultimi anni riguardato altri gruppi di erbicidi: gli inibitori dell'acetolattato-sintetasi (ALS), dell'acetil coenzima A carbossilasi (ACC-asi) e dell'enol piruvil scichimato sintetasi (EPSP). In particolar modo la sottofamiglia delle sulfoniluree comprende un numero relativamente grande di principi attivi molto efficaci e attualmente impiegati nel diserbo di diverse colture. Nel nostro paese le prime segnalazioni di fenomeni di resistenza agli erbicidi inibitori dell'ALS sono state registrate a partire dagli anni '90 ed hanno riguardato alcune delle specie infestanti più diffuse in risaia (es. *Alisma plantago-aquatica* e *Cyperus difformis*) e nei cereali vernini (*Papaver rhoeas*, *Lolium multiflorum*, *Sinapis arvensis*). In anni più recenti sono stati segnalati casi di resistenza agli erbicidi inibitori dell'ALS in *Amaranthus retroflexus* ed *Echinochloa crus-galli*. Più recente (2011) è la comparsa di popolazioni di *Conyza canadensis* resistenti al glifosate (GIRE, 2013). Si stima, in base ad una indagine condotta dal GIRE (Gruppo Italiano di lavoro sulla Resistenza agli Erbicidi), che la superficie interessata dalla presenza di popolazioni resistenti di *Cyperus difformis*, *Schoenoplectus mucronatus* e *Alisma plantago-aquatica* nell'areale risicolo sia di almeno 35.000 ha, e che il fenomeno sia in continua espansione (Rapparini et al., 2012).

Gli erbicidi inibitori dell'ALS sono caratterizzati da bassa dose di impiego, semplicità d'uso e rappresentano uno strumento fondamentale per il controllo non solo delle infestanti Ciperacee, Alismataceae e Butomaceae della risaia, ma vengono largamente impiegati anche per il controllo di *Sorghum halepense* (da seme e da rizoma) e di altre graminacee difficili del mais, per la lotta contro le infestanti dicotiledoni del frumento, e contro numerose malerbe della soia.

La diffusione del fenomeno della resistenza trova la sua principale causa nella ridotta disponibilità, per alcune colture, di erbicidi caratterizzati da diverso meccanismo di azione; questa situazione comporta spesso l'utilizzo ripetuto sullo stesso appezzamento e nelle diverse stagioni colturali, di prodotti con azione simile, determinando una notevole pressione di selezione sulle infestanti. Le problematiche connesse all'espansione del fenomeno della resistenza hanno portato allo sviluppo di strategie di lotta alternative, innovative o al ritorno a pratiche colturali in precedenza abbandonate. In alcuni casi si è assistito anche al riutilizzo, proprio in chiave antiresistenza, di prodotti esclusi dall'allegato I del Regolamento (CE) N. 1107/2009. A questo proposito meritano di essere citati i casi di propanile e quinclorac per il diserbo del riso e del clortoluron per quello del frumento.

I cereali autunno-vernini rappresentano un caso emblematico. Il diserbo preventivo di questi cereali, pratica un tempo molto diffusa nel nostro paese, è stata progressivamente abbandonata a favore degli interventi di post-emergenza. Diversi fattori hanno determinato questo cambiamento di strategia di intervento. In primo luogo la limitata disponibilità di erbicidi ad azione residuale e l'assenza di controllo nei confronti di alcune infestanti chiave (*Avena sterilis* e *Galium aparine*) e delle specie perennanti. Occorre inoltre tenere presente che la possibilità di controllare le

infestazioni per mezzo di un solo intervento eseguito in post-emergenza ha permesso una certa semplificazione delle operazioni colturali. Di contrasto però il ricorso a soli trattamenti di post-emergenza, spesso mediante l'utilizzo continuato di prodotti con il medesimo meccanismo di azione, ha favorito la comparsa di fenomeni di resistenza. Il diserbo preventivo è tornato ad essere di notevole interesse per il controllo delle popolazioni di infestanti resistenti ai graminicidi di post-emergenza. In tale contesto è da segnalare l'uso crescente di prodotti residuali (es. il clortoluron), nell'ambito delle strategie di controllo e prevenzione delle popolazioni di *Lolium* spp., resistenti ai graminicidi inibitori dell'ALS (Geminiani et al., 2013).

3.3 Epoca e densità di semina

La scelta dell'epoca di semina può avere una notevole influenza sui rapporti competitivi tra la coltura e le malerbe. Il successo competitivo della coltura è correlato al ritardo nell'emergenza della vegetazione spontanea e alla conseguente sua più ridotta crescita. In molti casi le semine troppo anticipate non permettono un rapido sviluppo della coltura, favorendo l'azione competitiva delle infestanti.

Una frequente tendenza all'anticipo dell'epoca di semina si è osservata nel caso del mais in molte areali dove questa coltura è maggiormente coltivata. Tale tecnica consente di razionalizzare la gestione della coltura e basa la sua diffusione ed il suo successo sui vantaggi produttivi che è in grado di determinare (Maiorano et al., 2007). Una semina anticipata permette alla coltura di sfruttare meglio la disponibilità di energia radiante in alcune fasi importanti del ciclo colturale (es. fioritura). Inoltre, la semina anticipata sposta la fioritura della coltura (che è la fase fenologica caratterizzata dalle maggiori esigenze idriche), in un'epoca più anticipata, in cui le condizioni ambientali sono generalmente più favorevoli soprattutto in termini di disponibilità idrica (Mandula, 1999).

Dal punto di vista della gestione delle infestanti, le semine anticipate, ad esempio prima del 20 marzo, sono generalmente associate ad una variazione significativa degli inerbimenti. Negli areali settentrionali l'anticipo della semina ha dimostrato di favorire la presenza di infestanti quali poligonacee, *Chenopodium album* e *Abutilon theophrasti*.

Le semine anticipate risultano inoltre associate ad una minore pressione da parte di infestanti con metabolismo C₄, sia graminacee che dicotiledoni (Ferrero e Vidotto, 2006). La tendenza all'anticipo delle semine trova una crescente diffusione anche in relazione alle problematiche legate allo sviluppo delle micotossine. Uno studio realizzato nel Veneto ha evidenziato che le semine anticipate permettono di contenere il livello di fumonisine nella granella, in quanto possono

abbreviare il periodo in cui le condizioni climatiche sono favorevoli allo sviluppo dei patogeni fungini (es. *Fusarium verticilloides*) (Causin et al., 2008).

La densità e la distribuzione spaziale della coltura possono essere finalizzate sia all'applicazione di interventi di lotta meccanica, sia ad assicurare una rapida copertura del terreno da parte della vegetazione delle piante coltivate, consentendo a queste di acquisire un vantaggio competitivo nei confronti della flora infestante. In generale, la condizione ottimale da raggiungere è quella in cui la coltura è interessata dalla massima competizione interspecifica e dalla più ridotta competizione intraspecifica. Questa condizione va tenuta presente quando si deve determinare la dose di seme distribuita e la disposizione delle piante sul terreno. Ad esempio, l'aumento della distanza tra le file del mais, pur aumentando la possibilità di emergenza delle malerbe, può facilitare i successivi interventi meccanici di controllo delle malerbe, quali la sarchiatura e la rincalzatura. Nei terreni nei quali non sia agevole intervenire con lavorazioni in copertura (terreni pesanti), al contrario, è consigliabile ravvicinare le file in modo da assicurare una copertura del terreno sin dalle prime fasi di sviluppo della coltura, soprattutto nelle aree soggette a ruscellamento ed erosione.

La densità di semina di una determinata coltura può essere modificata anche in relazione alle caratteristiche varietali e a considerazioni di natura agronomica ed economica che tengono conto del costo della semente e delle perdite di produzione. A tal proposito Chauhan et al. (2011), suggeriscono densità di semina più elevate se il livello di controllo delle piante infestanti è limitato. Diversi studi hanno evidenziato che un aumento della densità di semina può essere associato ad una più elevata capacità competitiva nei confronti delle malerbe ed anche ad una riduzione delle perdite produttive dovute alla competizione (Chauhan et al., 2011; Evans et al., 1991; O'Donovan et al., 2001).

Nella scelta varietale è opportuno dare la priorità alle cultivar più tolleranti ai principali patogeni della coltura, in modo da ridurre la necessità di ricorrere successivamente ad interventi chimici di difesa. Analogamente andranno favorite le varietà con cicli colturali meno adatte allo sviluppo di patogeni, di fitofagi e nematodi dannosi.

Nell'ambito delle operazioni di semina può trovare utile inserimento la falsa semina, una tecnica basata sulla preparazione anticipata del letto di semina, seguita dall'eliminazione, con interventi meccanici o chimici, delle malerbe germinate prima della semina o dell'emergenza della coltura. Tale pratica è utilizzata soprattutto nel caso di colture a lenta emergenza ed assicura alle stesse un vantaggio competitivo mediante il contenimento dei flussi germinativi delle malerbe durante le prime fasi di crescita delle colture. La pratica della falsa semina trova una certa diffusione nella coltura del riso in particolare per il contenimento delle infestazioni di riso crodo; nella stessa coltura

rappresenta inoltre una valida opzione di controllo di popolazioni di infestanti resistenti agli erbicidi comunemente impiegati in post-emergenza.

3.4 Gestione delle problematiche fitopatologiche

Uno dei principali inconvenienti della globalizzazione è legato alla più rapida diffusione degli organismi viventi tra aree anche geograficamente molto lontane. L'introduzione di nuove specie viventi in altri ambienti altera i precedenti equilibri ecologici, provocando talora la scomparsa di specie autoctone, modificando il paesaggio, incrementando i rischi sanitari per la salute pubblica e determinando nuove emergenze per il settore agricolo e forestale.

Il controllo delle nuove problematiche fitosanitarie oltre a rappresentare un costo per la società può anche determinare un mutamento delle strategie gestionali adottate in una certa coltura. Può accadere, infatti, che alcune pratiche agronomiche di una data coltura debbano essere riconsiderate o modificate alla luce delle problematiche legate all'azione di una nuova avversità. A tal proposito è possibile segnalare il caso recente della diabrotica (*Diabrotica virgifera virgifera*). Tale insetto, di origine americana, è stato introdotto in Europa nel 1992 e in Italia nel 1998 (Tosi, 2009). A seguito della sua rapida diffusione e dei danni che gli l'insetto è in grado di provocare soprattutto negli stadi giovanili alle coltivazioni di mais, dal 2001 è stata introdotta la lotta obbligatoria. Nel decreto sono indicate diverse azioni da intraprendere per contenere lo sviluppo e la diffusione di tale fitofago. Tale strategia di lotta combina azioni di natura agronomica e chimica (esclusa la concia della, che stata vietata); dal punto di vista agronomico i punti importanti sono legati all'avvicendamento colturale e all'anticipo dell'epoca di semina. Nelle coltivazioni di mais gli attacchi di diabrotica si sono sommati a quelli dovuti all'azione di un altro insetto nativo, la piralide. L'azione trofica di questi insetti è associata allo sviluppo di funghi, la cui attività determina contaminazione da micotossine della granella o del materiale trinciato.

Negli ultimi anni la contaminazione da micotossine della granella ha sollevato notevoli preoccupazioni (Firrao et al., 2011). La soluzione più efficace di questa problematica sembra essere quella di ricorrere ad un avvicendamento razionale delle colture, ad una opportuna gestione dei residui colturali e ad una gestione della coltura in modo da evitare condizioni di stress alla pianta coltivata. Avvicendare le colture oggi può voler dire inserire nuove colture o aumentare la frequenza di altre un tempo poco presenti, con conseguenti modificazioni della tecnica colturale.

Gli effetti dell'avvicendamento colturale sulla dinamica evolutiva della flora infestante sono stati oggetto di numerosi studi. Nel caso delle piante infestanti, favorisce il mantenimento di una flora infestante equilibrata, non eccessivamente competitiva e, quindi, più semplice da contenere. L'alternanza sullo stesso terreno di colture a ciclo autunno-vernino con altre a ciclo primaverile-

estivo evita che si selezionino gruppi di piante infestanti tipici di una sola coltura. Una maggiore diversificazione della flora infestante aumenta la competizione interspecifica anche tra le diverse infestanti, riducendo la necessità di ricorrere agli interventi di lotta. Da non trascurare è anche un effetto indiretto dell'avvicendamento, ovvero la possibilità di utilizzare sullo stesso appezzamento diserbanti caratterizzati da differente meccanismo di azione nelle varie stagioni colturali. Di norma infatti, le colture che si susseguono, permettono di utilizzare sostanze attive differenti, riducendo la pressione di selezione applicata alla flora infestante e quindi la comparsa di fenomeni di resistenza. L'inserimento nella rotazione di colture particolarmente competitive nei confronti delle infestanti, come la canapa e il colza, può inoltre aumentare gli effetti positivi dell'avvicendamento.

Gli interventi chimici attualmente eseguiti per prevenire gli attacchi di piralide e diabrotica possono manifestare un impatto indiretto sulla gestione delle malerbe. Pianta di mais sottoposta a trattamento insetticida contro la piralide risultano più robuste, senza stroncamenti, con un maggiore e più prolungato ombreggiamento del terreno, contrastando le emergenze di malerbe di fine estate che soprattutto nei terreni del nord-est potrebbero ancora andare a seme (es. *Galinsoga* spp., *Sigesbeckia orientalis*, *Acalypha virginica*). La lotta alla piralide può quindi avere positivi effetti sul grado di infestazione dei terreni, tuttavia bisogna considerare le conseguenze collaterali che i diversi sistemi di gestione delle malerbe hanno su altre avversità delle colture. Il lavoro recente di Meziere et al. (2013), sottolinea questa possibilità e apre una finestra sulle possibili interazioni, sia perché nuovi sistemi gestionali possono favorire direttamente alcuni patogeni, sia perché alcune malerbe non ben controllate possono ospitare gli stessi patogeni. In sostanza, sembra di capire che nel prossimo futuro la gestione delle malerbe, in alcuni sistemi colturali, si dovrà integrare opportunamente con le scelte colturali messe in atto per contrastare la diffusione delle micotossine e di alcuni insetti.

In tal senso merita ricordare anche il crescente ruolo assunto dal sorgo nell'ambito del panorama colturale del nostro paese. Questa coltura sta riscuotendo un crescente interesse in alternativa al mais per il buon potenziale produttivo nelle situazioni di limitate disponibilità idriche e per la ridotta sensibilità alla diffusione dei funghi micotossigeni.

3.5 Scelta varietale

La scelta della varietà costituisce un aspetto di notevole importanza nelle strategie di controllo della vegetazione infestante e, più in generale, di difesa contro tutte le avversità biotiche. Le differenze morfologiche e fisiologiche esistenti tra le diverse varietà di una determinata specie sono, infatti, in grado di condizionare fortemente lo sviluppo delle infestanti. Nel frumento, ad esempio, l'altezza, la precocità, la rapidità di emergenza, la capacità di ricoprimento e l'indice di accestimento sono tra

i parametri maggiormente in grado di influenzare le infestazioni. Un precoce sviluppo ed un più elevato accestimento, determinando una più rapida e più estesa copertura del suolo possono infatti ridurre l'emergenza delle infestanti (Covarelli, 1989). Nel mais gli ibridi a foglie erette lasciando filtrare più luce possono determinare inerbimenti più intensi (Covarelli, 1989).

Numerosi studi hanno posto in evidenza come le varietà di vecchia introduzione siano generalmente caratterizzate da una maggiore competitività nei confronti delle malerbe. Un lavoro realizzato in Australia su varietà di frumento tenero e duro, ha evidenziato che le varietà coltivate tra la fine dell'800 e la metà del '900 sopportavano meglio la competizione causata da *Lolium rigidum* rispetto a quelle introdotte successivamente (Lemerle et al., 1996). L'introduzione dei diserbanti a partire dal secondo dopoguerra ha progressivamente indirizzato gli obiettivi del miglioramento genetico verso l'incremento dei livelli produttivi e qualitativi a scapito della capacità competitiva. Questi problemi sono stati in parte risolti con l'introduzione degli ibridi. Il fenomeno dell'eterosi, o vigore ibrido, è stato ampiamente sfruttato in diverse colture; nel mais ha permesso di ottenere livelli produttivi non raggiungibili con le tradizionali varietà. Si sta diffondendo l'utilizzazione del vigore ibrido anche in altri cereali, quali riso, frumento e orzo. La coltivazione di ibridi di riso ad esempio è stata introdotta in Cina a partire dagli anni '70. Si stima che oggi in questo paese circa la metà della superficie totale a riso sia oggi già coltivata con varietà ibride (Lupotto et al., 2008). Negli ultimi anni la coltivazione di ibridi di riso, frumento e orzo ha iniziato a diffondersi anche in diversi paesi europei. A titolo di esempio in Europa nel 2012 sono stati seminati circa 250.000 ha di frumento ibrido. In Italia nello stesso anno sono state seminate alcune migliaia di ettari di frumento ibrido, e circa 2.000 ha di riso ibrido (varietà ECCO 63 e CLXL 745), con un trend in forte crescita (Venturoli, 2013; Romani, 2013).

Le varietà ibride presentano una migliore risposta produttiva che deriva da una più elevata capacità competitiva e da una superiore rusticità. Gli ibridi di frumento sono ad esempio caratterizzati da un apparato radicale più sviluppato, da una spiccata rusticità e da un più elevato accestimento, presentando, nel complesso, migliori performance produttive ed un migliore profilo tecnologico. La maggiore capacità di accestimento delle varietà ibride e la migliore efficienza nell'uso delle risorse possono verosimilmente influenzare i rapporti competitivi tra coltura e malerbe. Tuttavia il basso investimento alla semina, legato all'elevato indice di accestimento favorisce inizialmente l'emergenza e la pressione competitiva delle infestanti. Inoltre, al momento dei trattamenti di post-emergenza la coltura esercita una ridotta competizione sulle infestanti, rendendo meno efficace l'azione di molti erbicidi, in particolare gli inibitori dell'ALS (Allegrì e Bartolini, 2013).

Nel caso degli ibridi di riso è inoltre da segnalare che la loro adozione può essere associata in alcuni areali, come ad esempio in quello italiano, ad una diversa gestione colturale nelle prime fasi del

ciclo. L'investimento iniziale è infatti molto ridotto rispetto alle varietà tradizionali e al fine di raggiungere la densità ottimale di semina si rende necessario (laddove la natura del suolo lo consente) il ricorso alla semina in asciutta (Tesio et al., 2013). Le strategie adottate per il controllo della flora infestante possono subire quindi delle variazioni nelle modalità e nella tipologia di principi attivi utilizzati. Occorre tuttavia considerare che in alcune realtà del sud-est asiatico, il maggiore costo degli ibridi può rappresentare un limite per gli agricoltori, i quali potrebbero essere spinti a ridurre la dose di semina. In questo caso non vanno trascurati i possibili rischi legati alle minori emergenze ed alla potenziale maggiore infestazione in assenza di una adeguata strategia di controllo (Chauhan et al., 2011).

Una diversa considerazione merita l'impiego di varietà convenzionali, non geneticamente modificate, tolleranti agli erbicidi. Si tratta di una soluzione che l'industria sta cercando sempre più di adottare per allargare il campo applicativo di prodotti in colture che hanno una limitata disponibilità di erbicidi. Notevole interesse hanno riscosso nel nostro paese i pacchetti tecnologici Clearfield® ed Express Sun® (Bartolini, 2013). Con le varietà Clearfield®, associate all'impiego dell'erbicida imazamox, è possibile eliminare in post-emergenza pericolose malerbe come il riso crodo, i giavoni e le ciperacee nel riso (Sudianto et al., 2013) o come il cencio molle, le crucifere e la nappola nel girasole. Nella soia le varietà Express Sun® possono essere diserbate con un prodotto a base di tribenuron metile, caratterizzato da elevata efficacia nei confronti di un ampio numero di malerbe a foglia larga. L'impiego di questi pacchetti tecnologici può risolvere importanti problemi di infestazione, ma può provocarne altri, quali lo sviluppo di resistenze per il frequente utilizzo di prodotti con gli stessi meccanismi di azione all'interno del sistema colturale. La comparsa di popolazioni di riso crodo resistenti all'imazamox nelle coltivazioni di riso Clearfield®, in Piemonte e Lombardia, impone una notevole attenzione da parte dell'agricoltore nell'impiego di queste tecnologie ed evidenzia l'assoluta necessità di mettere in atto adeguate strategie di gestione integrata delle malerbe con l'adozione di queste varietà (Scarabel et al., 2012).

Nel complesso, queste innovazioni nel campo della scelta varietale possono sembrare di scarso rilievo, ma una volta diffuse nel territorio ed integrate opportunamente con gli altri segmenti della tecnica colturale, possono determinare effetti molto importanti anche imprevedibili, in particolare se l'intensificazione produttiva sostenibile porterà a soluzioni meno dipendenti dal mezzo chimico.

3.6 Avvicendamento colturale

La pratica dell'avvicendamento colturale, ovvero dell'alternanza sullo stesso appezzamento di colture diverse, rappresenta tuttora una delle soluzioni agronomiche più adatte a favorire lo sviluppo di una comunità floristica equilibrata. La diffusione dell'agricoltura intensiva ha determinato un

progressivo abbandono di questa tecnica. Negli ultimi anni, tuttavia, l'avvicendamento ha trovato un rinnovato interesse in relazione alla introduzione di strategie integrate di controllo delle avversità biotiche. In alcune situazioni colturali, l'avvicendamento rappresenta uno strumento fondamentale per ridurre in modo efficace la diffusione di specifiche avversità, come ad esempio la diabrotica del mais tra i fitofagi o il riso crodo nel riso. L'avvicendamento colturale offre anche la possibilità di utilizzare erbicidi con differente meccanismo di azione sullo stesso appezzamento, rallentando l'insorgenza dei fenomeni di resistenza o facilitandone la risoluzione se questi sono già presenti.

L'entrata in vigore della Direttiva 2009/128/CE sull'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari sta portando ad un cambiamento nelle strategie di difesa sinora adottate. L'adozione dei Piani di Azione Nazionali (PAN), previsti nell'ambito della direttiva, determinerà l'applicazione obbligatoria a partire dal 1 gennaio 2014 dei principi della difesa fitosanitaria integrata. L'avvicendamento colturale rappresenterà certo, laddove applicabile, una delle pratiche colturali più importanti nell'ambito delle strategie integrate di difesa (Campagna et al., 2011).

3.7 Colture energetiche

A seguito della convenzione di Rio e di Kyoto, alcuni paesi sviluppati, e tra questi anche quelli appartenenti all'Unione Europea, hanno favorito l'impiego delle colture agrarie per la produzione di energia rinnovabile anche attraverso incentivi monetari di breve o di lungo periodo. Questa utilizzazione ha interessato le colture produttrici di olio da esterificare per la produzione di biodisel (colza, girasole e soia), quelle da destinare alla produzione di etanolo di seconda generazione (arundo, miscanto, sorgo, ecc). Ha riguardato altresì le colture da biomassa da utilizzare per la produzione di energia elettrica a seguito di combustione (pioppo, salice, robinia, arundo, miscanto, sorgo da fibra, cardo, ecc.), colture da biomassa da utilizzare per la produzione di calore direttamente o dopo trasformazione in particolari forme (es. pellet), colture da biomassa da utilizzare per la produzione di biogas da destinare alla produzione di energia elettrica ed energia termica o di metano, impiegandole da sole (mais, sorgo, triticale, orzo o frumento) o in aggiunta ad altri materiali di scarto (effluenti da allevamento, fanghi da depuratori, frazione organica di rifiuti solidi urbani, ecc.).

Per arundo e miscanto, specie perenni di durata tra i 10 e i 15 anni, i problemi di diserbo si hanno in particolare, al primo anno di impianto e sono soprattutto critici quando si deve procedere alla totale devitalizzazione dei rizomi alla fine del ciclo, nel caso in cui non si debba effettuare un reimpianto della stessa specie.

Il controllo delle infestanti va previsto anche per le colture di pioppo, salice e robinia sia sulla fila sia tra le file. Di norma dopo il primo anno sulla fila delle specie legnose non vi sono problemi di diserbo in quanto lo sviluppo di queste piante contiene sufficientemente le malerbe.

Per quanto riguarda le colture destinate ad alimentare i biodigestori anaerobici l'avvicendamento è in generale stretto, ma non molto dissimile da quello adottato dalle aziende zootecniche intensive, prevalentemente basato sulla successione *loiessa-mais*. L'utilizzo energetico delle colture richiede la stessa attenzione nella gestione delle malerbe prevista per la destinazione alimentare, in quanto il risultato dipende moltissimo, in entrambi i casi, dalla quantità di granella presente nella biomassa per il biodigestore o nel trinciato per uso zootecnico. Va tuttavia osservato che gli indirizzi colturali per l'impiego energetico delle colture agrarie non hanno ancora avuto una precisa definizione; potrebbe infatti accadere, come già si sta verificando negli impieghi zootecnici che si preferisca abbandonare la doppia coltura, in quanto talvolta la maggiore produzione di biomassa non compensa i costi della doppia coltivazione. Va inoltre considerato che negli impianti di grandi dimensioni (1 MWe) è spesso necessario ricorrere all'acquisto di biomasse foraggere (in genere trinciato di mais e di sorgo) da altre aziende. In queste condizioni i semi delle malerbe presenti nelle biomasse conferite possono ritornare sia nelle aziende che le hanno fornite, sia in altre con la distribuzione dei digestati (principalmente separati solidi).

Ai fini della produzione di energia da biomasse il sorgo rappresenta sicuramente la specie insieme al mais più interessante tra le colture erbacee a ciclo annuale. Le varietà di sorgo, di tipo zuccherino e da fibra, possono alimentare la filiera del biogas e quella del bioetanolo di seconda generazione. Il sorgo presenta una notevole adattabilità ambientale che si unisce a caratteri di elevata rusticità, rapidità di crescita, resistenza agli stress idrici ed elevate produzioni unitarie. Trattandosi di una specie annuale il suo inserimento all'interno di una rotazione colturale non risulta difficile ed anche il parco macchine aziendale non richiede particolari adattamenti. L'elevata resistenza allo stress idrico consente la coltivazione di questa coltura anche in ambienti caratterizzati da periodi siccitosi più o meno lunghi, anche laddove la disponibilità idrica derivante dalle irrigazioni non è elevata. Il sorgo è considerato una coltura da rinnovo con semina primaverile tardiva, e segue generalmente un cereale vernino o una leguminosa foraggera. Negli ultimi anni la coltivazione del sorgo da biomasse risulta in crescita, erodendo in alcune zone dell'Italia le superfici tradizionalmente destinate al mais, sia per l'interesse nelle colture energetiche e sia per i minori rischi di formazione di micotossine rispetto al mais. Interessante è soprattutto l'inserimento del sorgo in secondo raccolto per alimentare, in miscela con altre biomasse, i biodigestori. La diffusione del sorgo nelle aree maidicole non implica dei cambiamenti nella tecnica aziendale, ma può avere degli effetti sulla strategia di controllo delle piante infestanti. La lotta alle malerbe nel sorgo è fondamentale nelle

prime fasi vegetative, prima che la coltura chiuda le file. In relazione a questo aspetto, però, il sorgo presenta alcune criticità rispetto al mais, per la minore disponibilità di diserbanti in grado di contenere adeguatamente i vari inerbimenti.

Secondo i dati raccolti dal CRPA, in Italia nel 2012 si contavano 994 impianti per la produzione di biogas (biodigestori) per la maggior parte concentrati nel nord e nel centro Italia per una potenza totale installata di oltre 750 MW. Il 67% degli impianti è infatti localizzato in Lombardia, Emilia Romagna e Veneto.

Circa il 20% dei biodigestori viene alimentato con sole biomasse provenienti da colture energetiche e/o sottoprodotti agroindustriali, mentre circa il 45% con miscele di effluenti zootecnici e biomasse da colture energetiche, il 18% da soli effluenti zootecnici. Allo stato attuale una quota consistente di impianti a biogas necessita di una superficie agricola inferiore ai 200 ha per produrre 1 MWe (Bozzetto, 2012). Nel 2010 la superficie investita a colture per l'alimentazione degli impianti a biogas era di circa 85.000 ha, stime ottimistiche parlano di 200.000 ha nel 2015 e di 400.000 ha al 2030, per una produzione complessiva di 8 miliardi di mc di metano equivalente. Sul totale della SAU a seminativo le colture energetiche incidono per 1,2% e nel caso della SAU a mais queste incidono per l'8% (CIBG, 2012).

Dal punto di visto agricolo, al di là degli aspetti legati all'apporto di elementi nutritivi e sostanza organica che l'impiego del digestato determina, il suo utilizzo in agricoltura può avere anche significativi riflessi sulla dinamica degli inerbimenti. Le temperature che sono di norma raggiunte durante il processo di digestione anaerobica, variano infatti a seconda che il processo sia condotto nel reattore in condizioni di mesofilia (35-37 °C) o di termofilia (c.a. 55 °C). In Italia la maggior parte dei digestori opera a temperature di circa 40-45 °C ed il materiale in ingresso permane nel biodigestore per circa 70 giorni. Questi livelli termici possono avere una diversa azione sulla vitalità dei semi delle infestanti presenti nelle biomasse utilizzate nel biodigestore e presenti nel digestato. In relazione a questo aspetto, non disponendo di molte informazioni specifiche, può essere utile prendere in considerazione le conoscenze acquisite negli studi sugli effetti della solarizzazione e del vapore sulla capacità germinativa dei semi delle malerbe (Barberi et al., 2009; Vidotto et al., 2013; Tamietti e Valentino, 2001). In questi lavori si è osservato che la sensibilità dipende da fattori quali la specie, l'umidità del substrato e la durata dell'esposizione. L'esposizione per pochi secondi (2-5) ad elevate temperature può essere letale per molti semi di infestanti. Temperature comprese tra 64 e 80 °C sono in grado di devitalizzare i semi di alcune importanti infestanti a ciclo primaverile-estivo quali *Galinsoga quadriradiata*, *Echinochloa crus-galli*, *Amaranthus retroflexus*, *Solanum nigrum*, *Setaria viridis* e *Portulaca oleracea*. Si è altresì osservata una relazione diretta tra le dimensioni e il

peso del seme e la sensibilità al calore. Tra queste specie *E. crus-galli* ha mostrato la più elevata tolleranza al calore (Vidotto et al., 2013).

E. crus-galli, *P. oleracea* e *Amaranthus albus* mantenuti ad una temperatura costante di 42 °C non hanno presentato riduzioni nella germinazione (Dahlquist et al., 2007). Il processo fermentativo comporta un elevato rischio di peggioramento dello stato degli inerbimenti nelle colture interessate dalla distribuzione dei digestati, sia per l'aumento delle infestazioni, sia per la diffusione di specie prima non presenti. Tale rischio appare più elevato quando il digestato viene utilizzato in aziende diverse da quelle da cui provengono le biomasse foraggere.

Questo inconveniente potrebbe essere risolto nelle fasi successive con il trattamento ai quali il digestato viene normalmente sottoposto. Ai fini dell'utilizzo agronomico, il digestato è infatti soggetto a trattamenti di natura meccanica (separazione solido/liquido), termica, chimico-fisica e biologica o semplicemente stoccato in loco, in attesa della distribuzione. Questi trattamenti consentono una migliore utilizzazione del digestato, modificando il suo contenuto in nutrienti e facilitando il suo trasporto e distribuzione. In assenza di una normativa specifica, l'utilizzazione agronomica del digestato segue percorsi diverse a seconda dei sottoprodotti utilizzati nel processo (effluenti, biomasse, rifiuti organici). Le regioni hanno deliberato normative specifiche, al fine di permettere la distribuzione di questo sottoprodotto nelle aree agricole. Tra i diversi trattamenti elencati in precedenza, quello termico consente di ottenere un prodotto facilmente stoccabile e trasportabile, mentre l'acqua di risulta viene spesso reimpressa nell'impianto. Le temperature raggiunte durante il processo oscillano tra i 100-110 °C. Tali temperature sono in grado di devitalizzare i semi di buona parte delle infestanti. Tuttavia ad oggi, la quasi totalità del digestato prodotto dagli impianti a biogas viene generalmente sottoposto ad un processo di separazione solido/liquido.

4 Aspetti normativi

In questi ultimi anni si è assistito nei paesi dell'Unione Europea ad una significativa evoluzione nel quadro normativo dei prodotti fitosanitari, principalmente finalizzato alla tutela della salute e dell'ambiente.

In relazione a questi aspetti merita ricordare ad esempio le prescrizioni stabilite da alcune normative già in vigore e di altre in corso di applicazione (2009/128/CEE sull'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari) per l'applicazione e la gestione delle fasce tampone.

La gestione di tali aree agricole appare oggi ancora più importante alla luce dell'importanza che esse hanno assunto in relazione alla tutela della biodiversità, alla salvaguardia del paesaggio e alla protezione delle risorse idriche.

Nell'ambito della politica agricola comune, a partire dalla fine degli anni '80 è stata emanata una serie di strumenti legislativi finalizzati, dapprima a diminuire il surplus produttivo, ed in seguito a ridurre l'impatto dell'agricoltura e della zootecnia sull'ambiente. Tra i primi regolamenti possiamo ricordare il Reg. 1272/88 sul set-aside ed il Reg. 2078/92, relativo a metodi di produzione agricola compatibili con le esigenze di protezione dell'ambiente e con la cura degli spazi naturali. L'introduzione di queste normative ha cambiato il modo di "fare agricoltura" determinando importanti cambiamenti nella gestione aziendale, colturale, e delle strategie di difesa fitosanitaria. In questo contesto anche le strategie di controllo della flora infestante si sono dovute adeguare ad una realtà in continua evoluzione. Negli anni più recenti i maggiori cambiamenti nella gestione aziendale sono derivati dal disaccoppiamento degli aiuti e dal diffondersi delle misure agro-ambientali nell'ambito dei PSR.

Una delle principali novità contenute nella riforma della politica agricola comune (PAC) consiste nell'erogazione di contributi alle aziende agricole per l'applicazione di pratiche colturali in grado di fornire ricadute positive sull'ambiente. Nella nuova PAC al pagamento di base, ormai disaccoppiato, si aggiunge un pagamento supplementare per gli agricoltori che rispettano determinati requisiti di natura ambientale ed ecologica. Questo pagamento supplementare è comunemente conosciuto con il termine di "*greening*" (inverdimento).

4.1 Fasce tampone ed altre aree di protezione

L'adozione delle fasce tampone lungo i corsi d'acqua è stata resa obbligatoria a partire dal 1 gennaio 2012 con il decreto n° 27417 del 22/12/2011, come ulteriore obbligo nell'ambito della condizionalità. Queste costituiscono dei mezzi di mitigazione della contaminazione dei corpi idrici superficiali da ruscellamento e deriva e di salvaguardia delle aree sensibili. Le conseguenze a livello malerbologico sono legate al fatto che queste aree possono diventare fonte di disseminazione verso i campi coltivati, se non ben gestite, anche se tale rischio non è stato ancora chiaramente definito (Smith et al., 1999; Marshall e Moneen, 2002). In generale possono rendersi necessari 1-2 tagli lasciando la vegetazione sfalciata sul terreno. Con questa logica vanno trattate anche le altre aree aziendali, non coltivate, a cui la legislazione europea attribuisce sempre maggiore importanza per gli "*ecological services*" da essi forniti. Anche queste aree non vanno abbandonate in quanto possono effettivamente produrre importanti servizi ecosistemici.

4.2 *Greening*

A questa componente ecologica obbligatoria nell'ambito degli aiuti diretti, gli Stati Membri devono destinare il 30% del budget disponibile a livello nazionale. Le aziende agricole possono incassare il

premio supplementare solo se rispettano tre condizioni: la diversificazione delle colture, il mantenimento dei prati permanenti, la costituzione di zone di interesse ecologico pari al 5% delle superfici a seminativo (Comegna, 2013; CSC, 2013). Questo impegno del *greening* riguarderà il 3,8% delle aziende corrispondente a circa il 18,8% della SAU. Sono esentate dal *greening* le aziende già inserite in aree Natura 2000 e quelle con superficie aziendale inferiore ai 10 ha (Di Mambro, 2013). La diversificazione delle colture si applica sui seminativi per le aziende con oltre 10 ettari di superficie e prevede almeno due colture per superfici aziendali comprese tra 10 e 30 ettari, tre colture per aziende con più di 30 ettari. Sono previsti limiti minimi e massimi di superficie investiti con la coltura principale e specifiche deroghe per il riso e per le aziende dove due terzi della superficie è destinata a colture foraggere o prati e pascoli. Le misure contenute nel *greening* non sono da considerarsi sostitutive di misure analoghe già previste nei PSR. E' importante ricordare che nel caso di impegni agroambientali equivalenti al *greening* non sarà comunque previsto un doppio pagamento.

Per quanto riguarda il divieto di conversione delle foraggere permanenti in seminativi, tale misura si applica nelle aree sensibili individuate dagli Stati Membri tra quelle ricadenti nella Direttiva Habitat. In tali aree, il rapporto tra superficie a prato permanente e superficie agricola totale non deve scendere sotto il 5%, pena la riconversione obbligatoria di superfici a seminativo. Il mantenimento delle foraggere permanenti riguarderebbe circa il 15% delle aziende, pari a circa il 35% della SAU, interessando la quasi totalità della superficie a prati e pascoli permanenti.

L'ultimo impegno del *greening* interessa le cosiddette "aree a focus ecologico". In questo caso sarebbero interessate circa il 5% delle aziende equivalenti al 30% della SAU. Gli agricoltori con superficie a seminativo superiore ai 15 ha saranno obbligati a realizzare aree di interesse ecologico per una estensione almeno corrispondente al 5% della superficie a seminativo (Comegna, 2013; CSC, 2013). Entro agosto del 2014 gli Stati Membri dovranno definire quali coperture del suolo potranno fregiarsi dell'appellativo di aree di interesse ecologico (es. siepi, fasce tampone, boschi cedui a rotazione rapida, colture intercalari, colture azotofissatrici, ecc.).

L'impatto della nuova PAC e del *greening*, sull'azienda agricola è oggetto di analisi soprattutto per valutare gli effetti sulla redditività aziendale. Occorre tuttavia considerare anche i possibili impatti che queste misure avranno in termini di gestione aziendale e colturale. Focalizzando l'attenzione sui soli effetti colturali, ed in particolare sulla gestione delle piante infestanti, è verosimile attendersi che la diversificazione colturale e la realizzazione delle aree ad interesse ecologico possano influenzare l'evoluzione della flora infestante e modificare le strategie di gestione della stessa. Per quanto riguarda la gestione delle aree "improduttive" valgono molte delle considerazioni trattate in precedenza. Fasce tampone ed altre aree non più coltivate dovranno essere opportunamente gestite

per evitare la creazione di zone di infestazione per le vicine aree coltivate. L'introduzione del prato può significare l'inserimento di un avvicendamento colturale di lungo termine in superfici gestite in precedenza a monocoltura. In questo caso è possibile immaginare un effetto diretto sulla composizione floristica e quindi indirettamente sull'intensità degli inerbimenti e quindi sulla tipologia degli interventi di controllo.

4.3 Altri vincoli normativi

Più importanti sembrano essere le conseguenze di normative che introducono limitazioni nell'uso di determinati erbicidi nelle aree di ricarica delle falde o quelle relative ai Disciplinari di Produzione Integrata. Un esempio studiato in America è quello relativo, per esempio, alla diffusione di *Conyza canadensis* e *Conyza bonariensis*, a seguito della riduzione dell'uso di erbicidi di pre-emergenza nelle aree di ricarica (Hembree e Shrestha, 2005). Prevedere le diverse dinamiche evolutive in queste condizioni è difficile; in ogni caso i prodotti di pre-emergenza mediamente più persistenti, distribuiti su terreno nudo e in un periodo più piovoso (inizio primavera ed inizio autunno) sono ritenuti potenzialmente più pericolosi per le acque profonde e quindi le normative tendono a limitarne l'impiego in tali aree. Dal punto di vista agronomico un minor ricorso a tali prodotti avvantaggia in particolare le malerbe che emergono in uno stadio avanzato del ciclo colturale, sfruttando inizialmente nicchie ecologiche limitate, che sono in grado di continuare a vegetare anche dopo la raccolta della coltura e, grazie ad una elevata sensibilità al fotoperiodo, capaci di chiudere il ciclo andando a seme prima dell'inverno. *Bidens* spp. (Danuso et al., 2012), *Sigesbeckia orientalis*, *Galinsoga* spp., *Acalypha virginica*, *Sonchus oleraceus*, ad esempio, sono specie sotto questo punto di vista da considerare con attenzione. La scelta delle diverse soluzioni è comunque difficile e controversa; per esempio per contrastare la diffusione delle resistenze soprattutto nei confronti degli erbicidi inibitori degli enzimi ALS, ACC-asi e EPSP di post-emergenza può essere consigliabile introdurre erbicidi di pre-emergenza con meccanismi di azione diversi. Il ricorso a questi prodotti richiede tuttavia una ragionata pianificazione per evitare il rischio di contaminazione dei corpi idrici superficiali e profondi, in gran parte legato alle caratteristiche di persistenza di questi prodotti. Il ricorso alle deroghe nelle varie zone per contrastare la diffusione delle resistenze, risolve un problema agronomico ma certamente non quello ambientale. La difficoltà dell'intensificazione produttiva risiede principalmente nella discrasia tra le diverse soluzioni idonee agli obiettivi specifici ma che non sono sempre in grado di rispondere alla complessità delle condizioni in cui si opera (ambientali, agronomiche, economiche). Le soluzioni più razionali sia sotto il profilo ambientale, sia sotto quello agronomico si basano sull'adozione (Ferrero e Zanin,

2011) della lotta integrata, un sistema gestionale reso obbligatorio dall'applicazione dei piani di azione nazionali nell'ambito della direttiva sull'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari.

5 Conclusioni

Le variazioni che intervengono nella gestione e negli indirizzi colturali, oltretutto nel quadro normativo dei prodotti per la difesa delle colture, possono portare ad una significativa evoluzione nella composizione quanti-qualitativa degli inerbimenti delle colture agrarie. In queste condizioni un importante compito dei malerbologi è sempre stato quello di prevedere i cambiamenti evolutivi del quadro malerbologico in relazione alle modificazioni della tecnica colturale e, più nello specifico, di individuare i tratti biologici ed ecologici delle malerbe che risultano avvantaggiati da tali cambiamenti. Si è arrivati così a capire che l'introduzione di una variabilità spazio-temporale nelle tecniche colturali è un mezzo particolarmente idoneo per limitare l'evoluzione e mantenere equilibrata la flora infestante. Tale obiettivo è comunque difficile da ottenere, considerata la sempre più elevata pressione di selezione sulle malerbe, dovuta in particolare ai diserbanti e alla mancanza di molecole con nuovi meccanismi di azione. Il ricorso alla gestione integrata rappresenta sicuramente la soluzione più indicata per limitare la pressione di selezione ed evitare cambiamenti repentini che sono sempre dannosi e che costringono gli agricoltori a modificare almeno ogni 4-5 anni i programmi di gestione delle malerbe, per mantenere inalterata la loro efficacia.

Bibliografia

- Allegri A, Bartolini D (2013). Caso studio sulle dinamiche evolutive della vegetazione infestante e sulla gestione integrata. Il caso del frumento. In questi Atti.
- Barberi P, Moonen AC, Peruzzi A, Fontanelli M, Raffaelli M (2009). Weed suppression by soil steaming in combination with activating compounds. *Weed Research* 49: 55-66.
- Bartolini D (2013). Diserbo, i pro e i contro delle varietà tolleranti. *Terra e Vita* 54(4): 68-70.
- Bozzetto S (2012). Alimenti, foraggi ed energia: il nuovo futuro dell'agricoltura. *Biogas informa*, rivista del consorzio italiano biogas e gassificazione 4: 12-15.
- Campagna G, Geminiani E, Rapparini G (2013). Il diserbo della medica preserva produzione e qualità. *L'informatore Agrario* 69(8): 64-67.
- Campagna G, Meriggi P, Rapparini G (2011). Il contributo del diserbo chimico nella gestione integrata delle malerbe. In *Atti XVIII convegno SIRFI (Società Italiana Ricerca Flora Infestante)*, Bologna, 26 maggio 2011, pp. 41-53.
- Campagna G, Meriggi P, Rapparini G (2011). Quando conviene il diserbo preventivo del frumento. *L'informatore Agrario* 67(35): 50-57.

- Causin R, Cecchinato R, Bailoni L (2008). Meno fumonisine nel mais con semine anticipate, *L'informatore Agrario* 64(8): 55-58.
- Chauhan BS, Virender PS, Avnish K, Johnson DE (2011). Relations of rice seeding rates to crop and weed growth in aerobic rice. *Field crop research* 121: 105-115.
- Comegna E (2013). Greening, la tutela dell'ambiente conviene. *L'informatore Agrario* 69(32): 32-35.
- Covarelli G (1989). Possibilità e limiti del controllo agronomico delle erbe infestanti. In *Atti VII convegno SILM. Società Italiana per lo Studio della Lotta alla Malerbe*, Torino, 9-10 novembre 1989, pp. 85-95.
- CSC (Centro Studi Confagricoltura) (2013). Riforma della PAC: quanto pesa il greening. Bollettino flash, luglio 2013.
- Dahlquist RM, Prather TS, Stapleton JJ (2007). Time and temperature requirements for weed seed thermal death. *Weed science* 55: 619-625.
- Danuso F, Zanin G, Sartorato I (2012). A modelling approach for evaluating phenology and adaptation of two congeneric weeds (*Bidens frondosa* and *Bidens tripartita*). *Ecological Modelling* 243: 33-41.
- Di Mambro A (2013). Il Parlamento europeo vara la sua piattaforma per la nuova PAC. *L'informatore Agrario* 69(11): 8-9.
- Evans RM, Thill LS, Thapia BS, Lish JM (1991). Wild oat (*Avena fatua*) and spring barley (*Hordeum vulgare*) density affect spring barley grain yield. *Weed Technology* 5: 33-39.
- Ferrero A, Zanin G (2011). La gestione integrata delle malerbe (IWM): stato attuale e problematiche applicative. In *Atti XVIII convegno SIRFI "La gestione integrata delle malerbe: un vincolo o una opportunità per una produzione economicamente e ambientalmente sostenibile?"*, Bologna, 26 maggio 2011, pp. 19-40.
- Ferrero A, Vidotto F (2006). Inerbimenti del mais e loro rapporti con alcuni parametri pedoclimatici. In: *Caratteristiche agronomiche, economiche e ambientali dei diserbanti del mais: il caso studio della terbutilazina*, Cooperativa Terremerse, pp. 11-22.
- Firrao G, Torelli E, Gobbi E (2011). Micotossine: prevenire è molto meglio che curare. *Italian Journal of Agronomy* 6 : 24-27.
- Geminiani E, Campagna G, Rapparini G (2013). Quando conviene il diserbo preventivo del frumento. *L'informatore Agrario* 69(35): 50-57.
- GIRE, Gruppo Italiano Resistenza Erbicidi, 2013. Disponibile on line: <http://gire.mlib.cnr.it/>
- Guillerm JL, Maillet J, Sanon M, Barbier JM (1989). Variabilité des communautes d'adventices des rizieres en Camargue. In *Proceedings 4° EWRS Mediterranean Symposium*, Valencia, pp. 312-320.
- Hembree K, Shrestha A (2005). Biology, identification, losses and control options for horseweed and hairy fleabane in tree and vine crops in California's southern San Joaquin valley. Disponibile line: http://ucanr.org/sites/weed_management/files/71041.pdf.
- INEA, Istituto nazionale Economia Agraria (2011). I cereali, le colture industriali e le foraggere. 22, 337-361. Disponibile on line: http://www.inea.it/documents/10179/56536/Capitolo_22.pdf
- ISHRW, International Survey on Herbicide Resistant Weeds (2013). Disponibile online: <http://www.weedscience.org/summary/home.aspx>

- Lemerle D, Verbeek B, Cousens RD, Coombens NE (1996). The potential for selecting wheat varieties strongly competitive against weeds. *Weed Research* 36: 505-513.
- Lupotto E, Cavigiolo S, Piffanelli P (2008). Ricerca-Miglioramento genetico. In: *Il riso*. Angelini R, Bayer CropScience. pp 458-501.
- Maiorano A, Magni A, Ramponi C, Reyneri A (2007). Un aiuto nella gestione delle fumonisine del mais. *L'informatore Agrario* 63(22): 76-79.
- Mandula S (1999). La semina anticipata del mais, una tendenza che si sta affermando. *L'informatore Agrario* 55(8): 59-60.
- Mandula S (2012). Il biogas fatto bene: le giuste regole comportamentali. *Biogas informa, rivista del consorzio italiano biogas e gassificazione* 4: 26-29.
- Marshall EJP e Moneen AC (2002). Field margins in northern Europe: their functions and interactions with agriculture. *Agriculture Ecosystems and Environment* 89: 5-21.
- Meziere D, Lucas P, Granger S, Colbach N (2013). Does integrated weed management affect the risk of crop diseases. A simulation case study with blackgrass weed and take-all disease. *European Journal of Agronomy* 47: 33-43.
- Montegut J (1982). Perennes et vivaces. INSERENVELOP Aubervilliers, France.
- O'Donovan JT, Harker KN, Clayton GW, Hall MH (2000). Wild oat (*Avena fatua*) Interference in barley (*Hordeum vulgare*) is influenced by barley variety and seeding rate. *Weed Technology* 14: 624-629.
- Piccinini S (2013). Situazione-trend di crescita del biogas in Italia e prospettive per il biometano. *Seminario Biogas e Biometano: una filiera energetica sostenibile*. Ravenna 14 marzo 2013.
- Rapparini G, Campagna G, Geminiani E (2013). Diserbo del riso: attenzione alle resistenze. *L'informatore Agrario* 53(13): 53-60.
- Romani M, 2013. Comunicazione personale.
- Sbriscia Fioretti C, Zanin G, Ferrario P, Vighi M (1998). Chemical characteristics: the case of herbicides in Italy. In: Swanson T, Vighi M (Eds.) *Regulating Chemical Accumulation in the Environment*. Cambridge University Press pp. 23-49.
- Scarabel L, Cenghialta C, Manuello D, Sattin M (2013). Monitoring and Management of Imidazolinone-Resistant Red Rice (*Oryza sativa* L., var. *sylvatica*) in Clearfield® Italian paddy rice. *Agronomy* 2: 371-383.
- Smith H, Firbank LG, Macdonald DW (1999). Uncropped edges of arable fields managed for biodiversity do not increase weed occurrence in adjacent crops. *Biological Conservation* 89: 107-111.
- Sudianto E, Ben-Kah S, Ting-Xiang N, Saldain NE, Scott RC (2013). Clearfield rice: its development, success and key challenges on a global perspective. *Crop Protection* 49: 40-51.
- Tamietti G, Valentino D (2001). Soil solarization: a useful tool for control of *Verticillium* wilt and weeds in eggplant crops under plastic in the Po valley. *Journal of plant pathology* 83: 173-180.
- Tesio F, Tabacchi M, Cerioli S, Follis F (2013). Sustainable hybrids rice cultivation in Italy. A review. *Agronomy sustainable development*. In stampa.
- Tosi L (2009). Primi danni economici anche in Francia e Romania. *Terra e Vita* 50(40): 31-32.

Trichard A, Alignier A, Chauvel B, Petit S (2013). Identification of weed community traits response to conservation agriculture. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 179: 179-186.

Venturoli, 2013. Frumento ibrido. Disponibile on line: www.rv-venturoli.com/schede/RV_frum_ibrido_st.pdf

Vidotto F, De Palo F, Ferrero A (2013). Effect of short-duration high temperatures on weed seed germination. *Annals of applied biology* 163: 454-464.

Zanin G, Ferrero A, Sattin M (2011). La gestione integrata delle malerbe: un approccio sostenibile per il contenimento delle perdite di produzione e la salvaguardia dell'ambiente. *Italian Journal of Agronomy* 6(s2):e6 31-38.